



متوفرة على الموقع: <http://www.basra-sciencejournal.org>



ISSN -1817 -2695

القدرة التراكمية للنباتي *Hydrilla verticillata* و *Ceratophyllum demersum* لبعض العناصر الثقيلة مختبرياً

عبد الرضا اكبر المياح* و داد مزبان طاهر الاسدي**

قسم علوم الحياة - كلية العلوم - جامعة البصرة

* abdulalwan@yahoo.com

**Email: Widad220@yahoo.com

الاستلام 28-11-2011، القبول 29-3-2012

الخلاصة

أجريت الدراسة الحالية بهدف اختبار قدرة بعض النباتات المائية على إصلاح النظم البيئية من خلال مراكمتها للملوثات داخل أنسجتها وإمكانية تخليصها من تلك الملوثات خاصة العناصر الثقيلة، إذ استخدم نباتا *Ceratophyllum demersum* و *Hydrilla verticillata* بتعريضهم لتراكيز مختلفة (10، 20، 30، 50) ملغم/لتر لكل من العناصر (الكاديوم Cd، الكوبلت Co، الحديد Fe) ولمدة خمسة أسابيع مختبرياً وتم تقدير نسبة التراكم لهذه العناصر وتركيز الكلوروفيل-أ والمحتوى البروتيني داخل أنسجة النباتين، كما قدرت الكتلة الحية لهما. كان نبات *H. verticillata* أكثر كفاءة في سحب ومراكمة العناصر الثقيلة داخل أنسجته إذ بلغت حوالي (97.2، 126.5، 173.6) مايكروغرام/غم مقارنة مع نبات *C. demersum* الذي كانت نسبة المراكمة داخل أنسجته هي (53.5، 94.3، 68.5) مايكروغرام/غم للعناصر الكاديوم والكوبلت والحديد على التوالي، كما أن نبات *C. demersum* كان أكثر تأثراً في النمو إذ انخفض معدل الكلوروفيل الكلي عند التركيز 50 ملغم/لتر للاسبوع الاخير من التعريض فبلغ (0.0004، 0.0059، 0.0003) ملغم/غم و (0.0009، 0.0047، 0.0017) ملغم/غم لكل من *C. demersum* و *H. verticillata* المعرضين لتأثير العناصر الكاديوم والكوبلت والحديد على التوالي، كما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي ($P < 0.05$) وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة، وكذلك المحتوى البروتيني له فبلغ (0.44، 2.19، 1.94)% مقارنة مع *H. verticillata* (12.81، 18.06، 18.95)% لكل من العناصر الكاديوم والحديد والكوبلت على التوالي، وهذا ما اثر على انخفاض الكتلة الحية له إذ كانت اقل كتلة حية سجلت في الأسبوع الأخير من التجربة عند التركيز 50 ملغم/لتر لكل من عنصري الكوبلت والكاديوم هي (3.3، 2.4) غم وزن طري/م² على التوالي مقارنة مع نباتات السيطرة التي بلغت (15.6) غم وزن طري/م².

1. المقدمة

وقلت كمية كل من الكلوروفيل والبروتينات والكتلة الحية للنبات.

كما لاحظ John [7] تأثير عنصر الكاديوم والرصاص على نبات *Brassica juncea* L. عند التراكيز العالية حيث انخفض مستوى النمو ومحتوى الكلوروفيل والكاروتينات ومحتوى البروتين مع الكاديوم بتركيز 900 ميكروميتر وبنسبة تأثير 95% للبروتين ومع الرصاص بتركيز 1500 ميكروميتر وبنسبة تأثير 44%.

كما درس Dhir [8] فعالية بعض النباتات المائية منها *Ceratophyllum demersum* و *Wolffia* و *Hydrilla verticillata* في إصلاح بعض النظم المائية ذات التلوث العالي ببعض العناصر الثقيلة، إذ لاحظ تأثير عنصر الكاديوم على نسبة الكلوروفيل (أ و ب) ومحتوى البرولين والبروتين داخل أنسجة النباتات فكانت النباتات التي تحوي جذوراً مثل (*Hydrilla*) أكثر مقاومة لفعل التراكيز المختلفة للكاديوم.

درس Xue [9] امتصاص ونقل المعادن الثقيلة في نظام الأراضي الرطبة من خلال النباتات المائية المغمورة لغرض تطوير استخدام تكنولوجيا المعالجات النباتية لإصلاح البيئة المائية، إذ استخدم نبات *H. verticillata* في مراكمة النحاس، إذ وجد أن ايونات النحاس تراكمت في جدران خلايا الأنسجة النباتية.

كما تمت دراسة تأثير عنصر النحاس على مستوى البيروكسيد الدهني والكلوروفيل والمحتوى البروتيني والسكريات داخل نبات *H. verticillata* عند درجة حموضة 8 و 6 إذ وجد أن النبات تأثر في الأس الهيدروجيني 4.5 أما عند 9.5 فقد انخفضت سمية العنصر بصورة كبيرة وبالمقابل ارتفعت كمية المحتوى البروتيني والكلوروفيل داخل أنسجة النبات [10].

كما أكدت Al-Ganem [11] وجود تراكيز مختلفة من المعادن الثقيلة (الكاديوم، الرصاص والحديد) في أنسجة نبات *C. demersum* الذي تم جمعه من مناطق ملوثة نفطياً.

حظيت ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات المراكمة لها باهتمام كبير من الباحثين لما لها من تطبيقات مهمة في المعالجات النباتية

Phytoremediation ، ويمكن استغلال هذه النباتات واستخدامها لاستخلاص الملوثات (العناصر الثقيلة) من التربة والمياه الوهيبية [1]، إذ يتم استخدام النباتات في امتصاص تلك العناصر من محلول التربة والانتقال الى المجموع الخضري وايضا تقنية التحويل الى مواد متطايرة Phytovolatilization حيث تستغل هذه التقنية في قدرة بعض النباتات على ادخال بعض العناصر الثقيلة في مركبات قابلة للتطاير للتخلص منها.[2]

تشير الدراسات الى ان هناك العديد من النباتات التي تستطيع استخلاص ومراكمة العناصر الثقيلة من المناطق الملوثة، لكن، وان النبات المثالي لهذه العملية يجب ان يتوفر فيه مميزات معينة مثل سرعة النمو والجذور الكثيفة والعميقة والكتلة الحية الكبيرة وسهولة الحصد والقطع ومراكمة مدى واسع من العناصر، كذلك تحملها مستويات عالية من تلك العناصر [3].

من ناحية اخرى هناك اختلافات وراثية في قدرة الانواع النباتية على تحمل التراكيز السامة لبعض العناصر غير الضرورية مثل الرصاص والكاديوم والفضة والزنك وغيرها من العناصر [4].

فقد أوضح Zeliha [5] ان لنبات *Lemna* الكفاءة العالية في المعالجات البيئية للنظم المائية ذات التلوث العالي وخاصة النظم التي تستخدم فيها المبيدات كععالجات كيميائية كما استخدم نبات *Myriophyllum* للمقارنة إذ لوحظ حساسيته العالية ضد التراكيز المختلفة للمبيدات مقارنة مع نبات *Lemna*.

و درس John [6] تأثير عنصر الكاديوم والرصاص على المحتوى البروتيني والسكريات والبرولين والكلوروفيل والكتل الحية وتراكم العنصرين في أنسجة نبات عدس الماء *Lemna polyrrhiza* إذ وجد أن النبات بدا يتأثر عند التراكيز المرتفعة (30 ملغم/لتر)

المبيدات بطرائق غير منظمة وصحيحة مما يؤدي إلى وصول تلك الملوثات إلى مصادر المياه وبالتالي زيادة تلوثها. وهذا ما اكدته دراسات كل من [15, 14, 13] ، كما أكدت دراسة محمود [16] تلوث رواسب بعض مواقع شط العرب وهور الحويزة والحمار بعناصر الكادميوم والكوبلت والرصاص.

لذا ارتأت هذه الدراسة استخدام بعض الطرائق ذات الكفاءة العالية والتكلفة القليلة لاستخدامها في إصلاح هذه النظم فاخترت النباتا الكطل *H. verticillata* والشمبلان *C. demersum* ، لان الأول هو نبات غازٍ جديد في انتشاره بالمياه العراقية والثاني يعد نباتاً مستوطناً.

النبات والكتلة الحية لهما فأخذت عينات النباتين في الاسبوع الاخير من التجربة (الاسبوع الخامس). كما استخدمت مركبات النترات لثلاثة عناصر في التجربة وهي الكادميوم $Cd(NO_3)_2$ والحديد $Fe(NO_3)_3$ والكوبلت $Co(NO_3)_2$ ، إذ حضر 1000 جزء بالمليون (ملغم/لتر) منها وسحبت التراكيز التالية لكل منهم وهي (10 ، 20 ، 30 و 50) ملغم/لتر وحسب قانون التخفيف $N1 \times V1 = N2 \times V2$. وتم تقدير ما يأتي:

إلى حين الوصول إلى اللون الشفاف الرائق للمحلول. بعدها تم ترشيح العينة للتخلص من بقايا النباتات غير المهضومة (الألياف). ثم كمل الحجم إلى 50 مل . قدرت العناصر باستخدام جهاز مطياف الامتصاص الذري اللهبى Flame Atomic Absorption Spectrophotometer نوع Pye Unicam SP9 Air Acetylene وعبر عن الناتج بوحددة مايكروغرام/غم وزن جاف من النبات.

للنباتيين وللتراكيز المختلفة أسبوعياً خلال مدة التجربة التي استمرت خمسة أسابيع. وسحقت باستخدام الهاون الخزفي بالاسيتون 80% بمقدار 20 مل لكل غم نبات

واثبت Mishara [12] عند تعريض *demersum* لتراكيز مختلفة (0-10) مايكروغرام/لتر من الكادميوم لمدة (1-7) أيام، انخفاضاً كبيراً في الكلوروفيل والأنشطة الإنزيمية وزيادة في مستويات ايونات عنصر الكادميوم داخل النبات. وقد أكدت الكثير من الدراسات التي أجريت على النظم المائية العراقية خاصة مياه شط العرب ونهري دجلة والفرات أنها تحوي نسباً مختلفة من الملوثات خاصة العناصر الثقيلة التي مصادرها أما المشاريع الصناعية التي ترمي بمخلفاتها مباشرةً إلى مياهاها أو بسبب فضلات مياه الصرف الصحي أو نتيجة لإضافة المغذيات (الأسمدة العضوية) إلى الأراضي الزراعية واستخدام

2. المواد وطرائق العمل

تم اختيار نباتين هما الكطل *Hydrilla verticillata* والشمبلان *Ceratophyllum demersum* وبواقع (10) غم وزن طري لكل نبات. وتم زراعة النباتات منفردة في أحواض زجاجية ابعادها (26 × 14 × 40)، واستمرت مراقبة النمو واخذ العينات لمدة خمسة اسابيع حسب الاختبار المطلوب، اذ جمعت عينات النبات من الاحواض كل اسبوع لغرض تقدير الكلوروفيل اما لتقدير كمية البروتين وتركيز العناصر الثقيلة داخل

2.1. تقدير تراكم العناصر في أنسجة النبات:

بالاعتماد على طريقة AHPA [17] تم تقدير كمية العناصر داخل الأجزاء النباتية التي تم هضمها كما يأتي: جففت النباتات هوائياً وتم طحنها باستخدام الهاون الخزفي، وزن 0.5 غم من النبات المطحون ووضع في دوارق خاصة للهضم. ثم أضيف إليها الخليط المكون من حامض النتريك المركز HNO_3 وحامض البيركلوريك $HClO_3$ بحجم معين. وتركت العينات لمدة 24 ساعة ، ثم وضعت في حمام مائي على درجة 100 م مدة ساعة

2.2. تقدير الكلوروفيل

باستخدام طريقة السحق بمحلول الاسيتون بتركيز 80% بالاعتماد على طريقة [18]. تم تقدير تركيز الكلوروفيل وذلك باخذ (1) غم من الأجزاء الخضرية

السابقة. وأكمل الحجم إلى 50مل بالاسيتون تركيز 80%، ثم قدر الكلوروفيل باستخدام جهاز Spectrophotometer على الطولين موجيين (660 و 645) نانوميتر . وحسبت كمية الكلوروفيل باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{الكلوروفيل الكلي (ملغم/لتر)} = (7.12 \times \text{الكثافة الضوئية على طول موجي 660}) + (16.8 \times \text{الكثافة الضوئية على طول موجي 645})$$

وبواقع ثلاثة مكررات لكل عينة ثم رشح باستخدام وحدة الترشيح. ثم أعيدت عملية السحق باستخدام 15مل وبعدها 10مل من الاسيتون 80% ثم رشح مرة أخرى بوحدة الترشيح. وغسلت وحدة الترشيح والمطحنة والمدقة بمقدار 5مل من الاسيتون 80% ثم رشح الغسيل بنفس الطريقة

2.3. تقدير النتروجين الكلي:

[20] بضرب قيم النتروجين الكلي بمعامل ثابت (6.25) وعبر عن الناتج كنسبة مئوية.

قدر النتروجين الكلي لعينات النبات المهضومة وحسب الطريقة الموضحة في [19] ومنه تم تقدير النسبة المئوية للمحتوى البروتيني بالاعتماد على طريقة 2.4. الكتلة الحية:

اساس المتر المربع وذلك بحساب مساحة الاحواض التي زرعت فيها نباتات التجربة وحولت هذه المساحة الى المتر المربع بطريقة التناسب، عبر عن الناتج بالغرام وزن طري/م².

قدرت الكتلة الحية على أساس الوزن الطري، إذ جمعت النباتات من أحواض الزراعة بعد مرور خمسة أسابيع من التجربة، ونشفت من الماء كلياً بوضعها بين أوراق الترشيح مع تغيير الأوراق لعدة مرات للتخلص من الماء إذ حسبت الكتلة الحية للنباتين المدروسين على التحليل الإحصائي

وباختبار اقل فرق معنوي (least significant differences test) LSD (اختبار الفروق المعنوية بين المعاملات وبمستوى معنوية (p< 0.05)، [21].

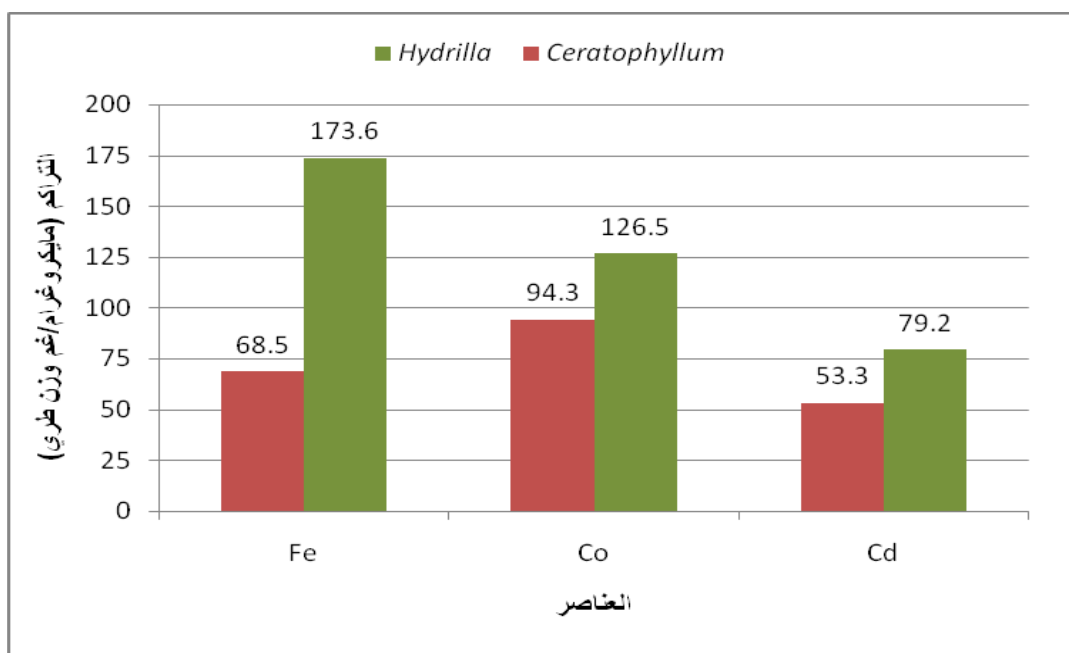
اجري التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام تحليل التباين Analysis of ANOVA variation test باستخدام البرنامج الإحصائي Version Minitab

3. النتائج

3.1. محتوى أنسجة النبات من العناصر الثقيلة (مقدار التراكم)

الذي كان أكثر تأثيراً على الرغم من انخفاض نسبة التراكم في أنسجته، فبلغت نسبة التراكم في أنسجته (53.3 ، 94.3 ، 68.5) مايكغم/غم وزن طري لكل من (الكاديوم والكوبلت والحديد) على التوالي.

يبين الشكل (1) محتوى أنسجة النباتات المستخدمة في التجربة من العناصر الثقيلة ومدى مراكمتها لتلك العناصر، إذ لوحظ أعلى تراكم في أنسجة نبات *H. verticillata* بلغت (79.2 ، 126.5 ، 173.6) مايكغم/غم وزن طري مقارنة مع نبات الـ *C. demersum*



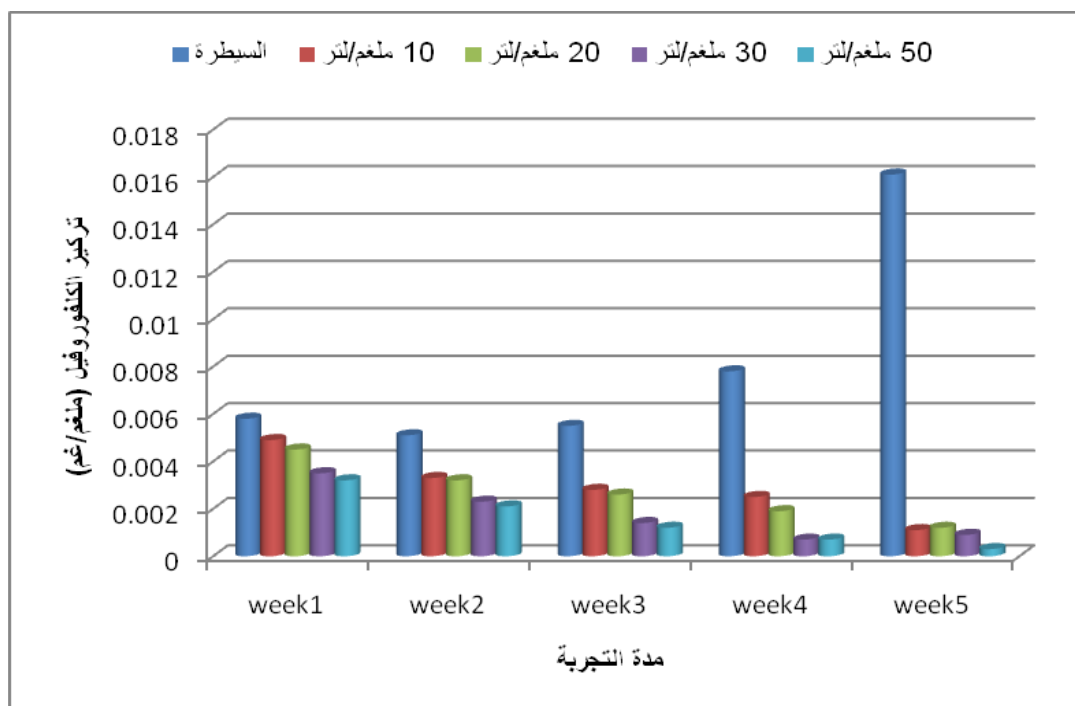
شكل (1): مقدار تراكم العناصر الثقيلة في أنسجة نباتي *C. demersum* و *H. verticillata* عند التركيز 50 ملغم/لتر بعد مرور خمسة أسابيع من التجربة

3.2 الكلوروفيل

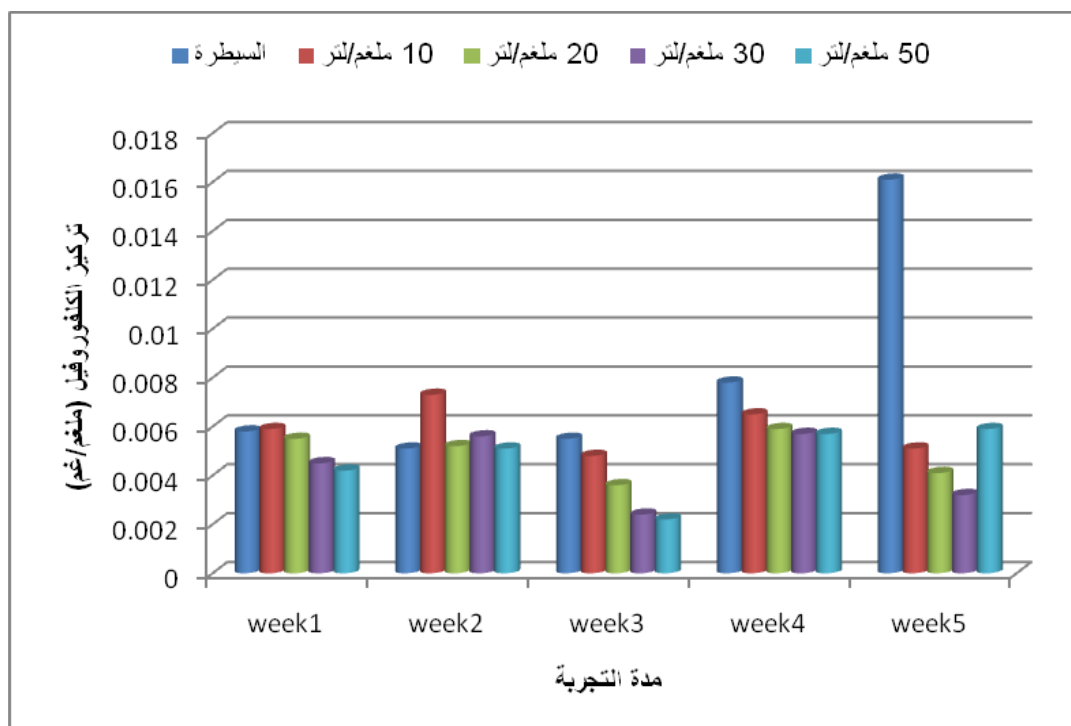
خلال مدة التجربة، أيضاً كان نموه متأثراً بالعناصر المختلفة ولجميع التراكيز مما عكس التأثير على كمية الكلوروفيل فبلغت أدنى القيم (0.009) ملغم/غم وزن طري لعنصر الكوبلت في الأسبوع الخامس من التجربة مقارنة مع نباتات السيطرة ولكنه كان أقل تأثيراً مقارنة مع نبات *C. demersum*.

كما بين التحليل الإحصائي أنّ هناك اختلافات معنوية عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) بين التراكيز المختلفة خاصة لنبات *C. demersum* مقارنة مع نبات *H. verticillata* ومقارنتهما مع معاملة السيطرة لكليهما.

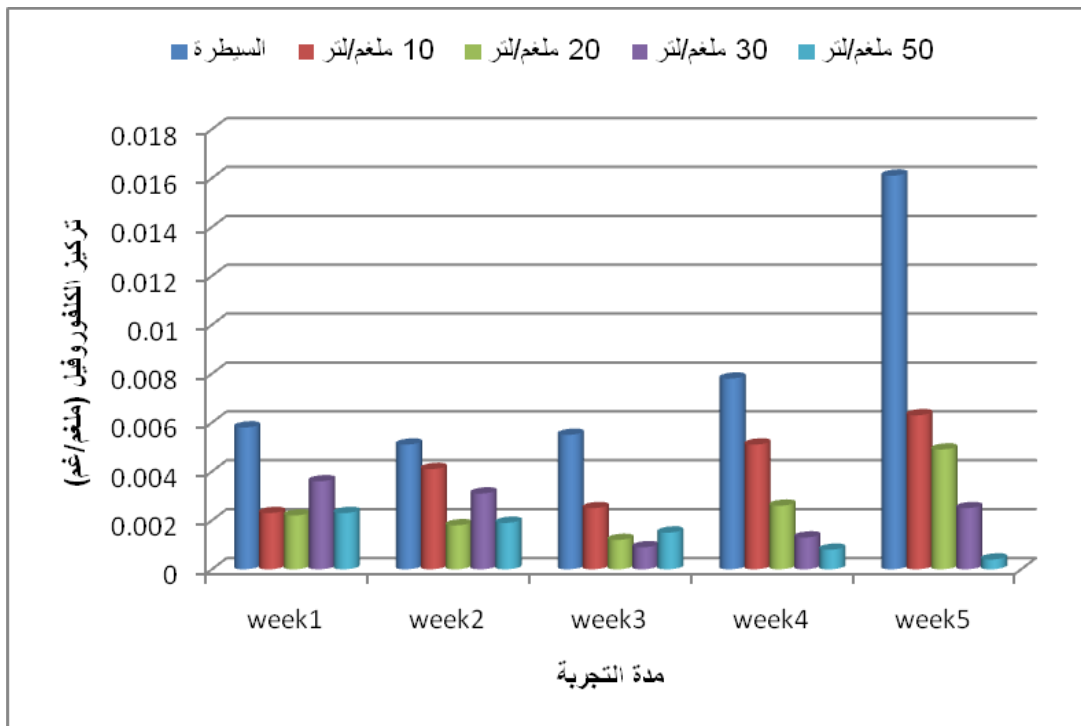
بينت الأشكال (2، 3، 4)، تأثير التراكيز المختلفة للعناصر (الكاديوم والكوبلت والحديد) على نبات *C. demersum* خلال مدة التجربة، إذ كان النبات متأثراً لجميع تراكيز العناصر خاصة في الأسبوع الأخير من التجربة إذ انخفض نمو النبات كثيراً وهذا اثر على كمية الكلوروفيل داخل أنسجة النبات خاصة مع عنصري الكوبلت والكاديوم فبلغت أدنى القيم (0.004، 0.003) ملغم/غم وزن طري على التوالي للأسبوع الأخير مقارنة مع كمية الكلوروفيل لنباتات السيطرة. أما الأشكال (5، 6، 7) فأظهرت تأثير التراكيز المختلفة لعناصر التجربة على نبات *H. verticillata*



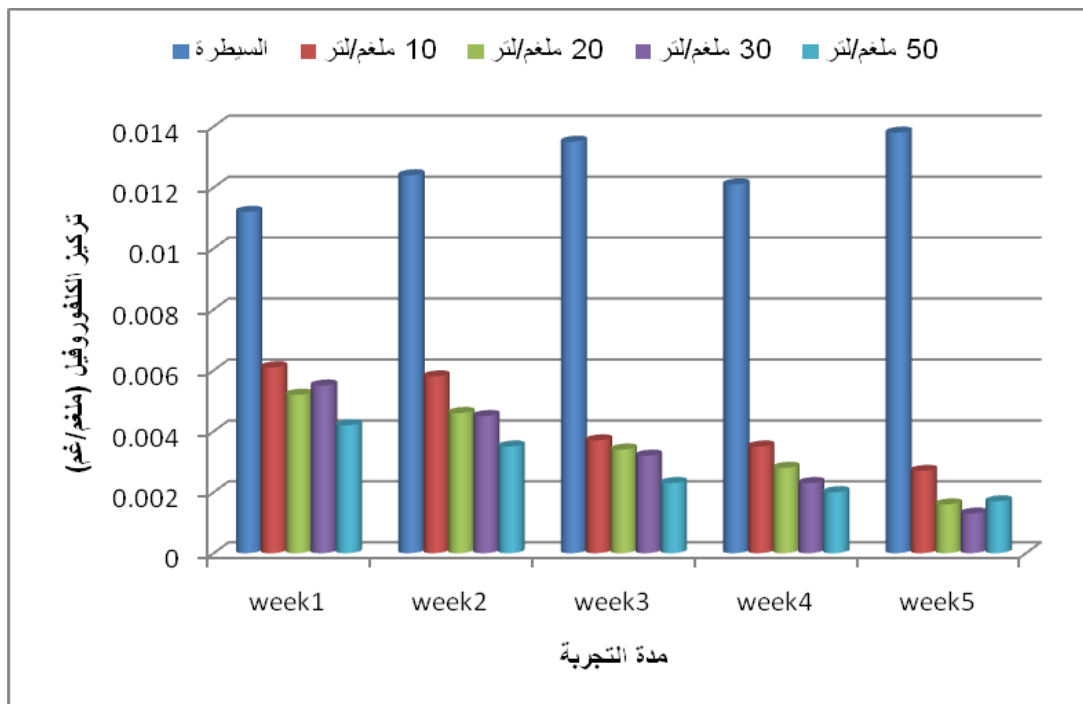
شكل (2): تأثير تراكيز عنصر الكاديوم Cd على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *C. demersum* خلال مدة التجربة



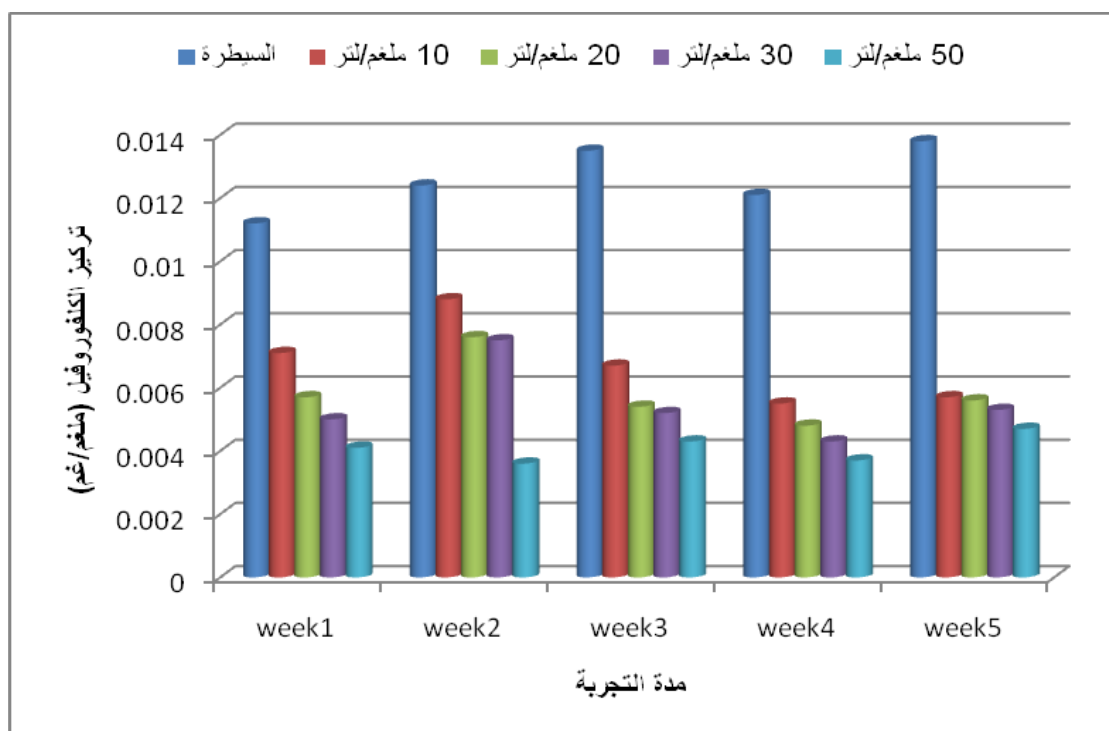
شكل (3): تأثير تراكيز عنصر الحديد Fe على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *C. demersum* خلال مدة التجربة



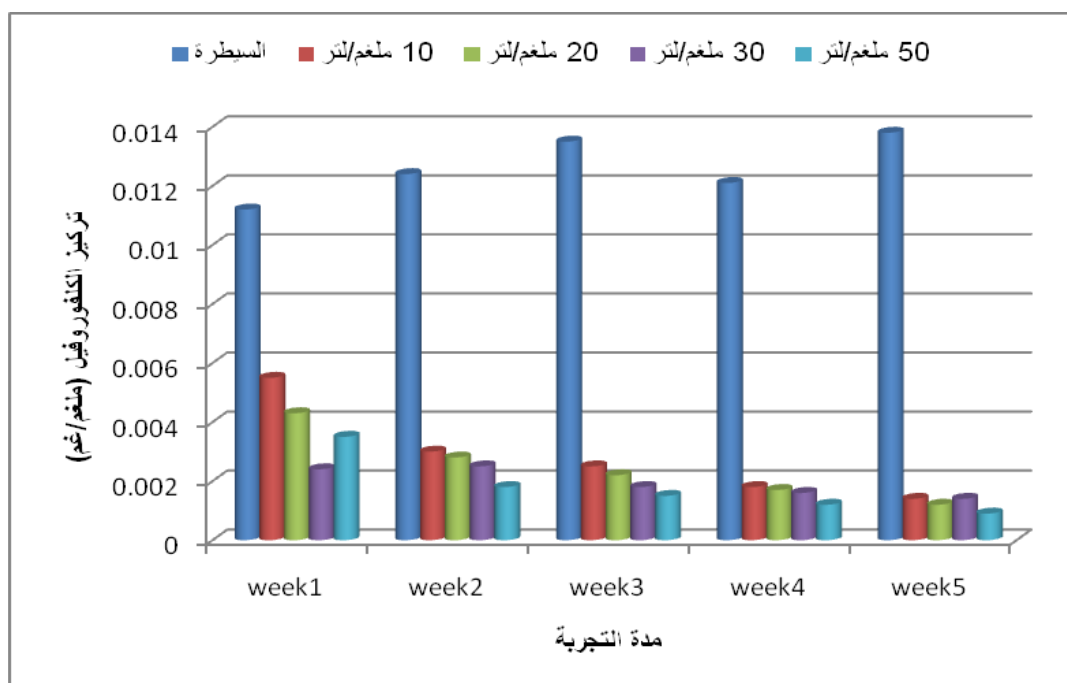
شكل (4): تأثير تراكيز عنصر الكوبلت Co على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *C. demersum* خلال مدة التجربة



شكل (5): تأثير تراكيز عنصر الكاديوم Cd على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *H. verticillata* خلال مدة التجربة



شكل (6): تأثير تراكيز عنصر الحديد Fe على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *H. verticillata* خلال مدة التجربة

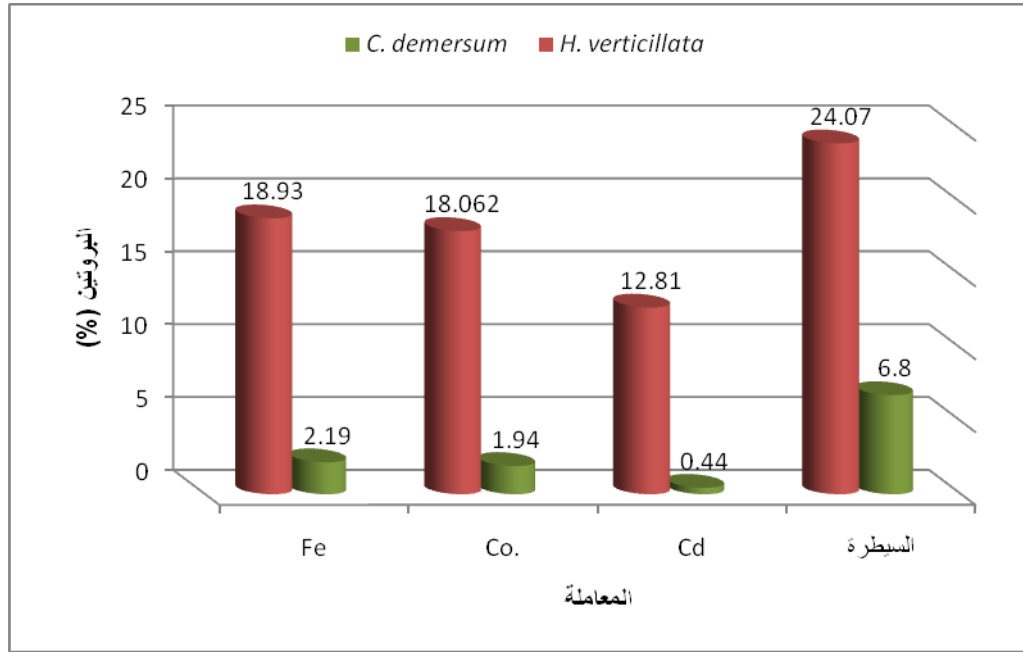


شكل (7): تأثير عنصر الكوبلت Co على تركيز الكلوروفيل في أنسجة نبات *H. verticillata* خلال مدة التجربة

3.3. النسبة المئوية للمحتوى البروتيني داخل أنسجة النبات

محتواه البروتيني بالانخفاض التدريجي من أدنى تركيز ليصل أقصاها في التراكيز العليا اذ سجلت القيم (12.81، 18.06، 18.93)% للعناصر (الكاديوم والكوبلت والحديد) على التوالي كما في الشكل (8).

أن نبات *C. demersum* كان أكثر تأثيراً لمحتوى البروتين داخل أنسجته عند تعريضه لتركيز 50 ملغم/لتر، فبلغت نسبة محتواه من البروتين (0.44، 1.94، 2.19)% لكل من العناصر (الكاديوم والكوبلت والحديد) على التوالي، مقارنة مع نبات *H. verticillata* الذي بدأ

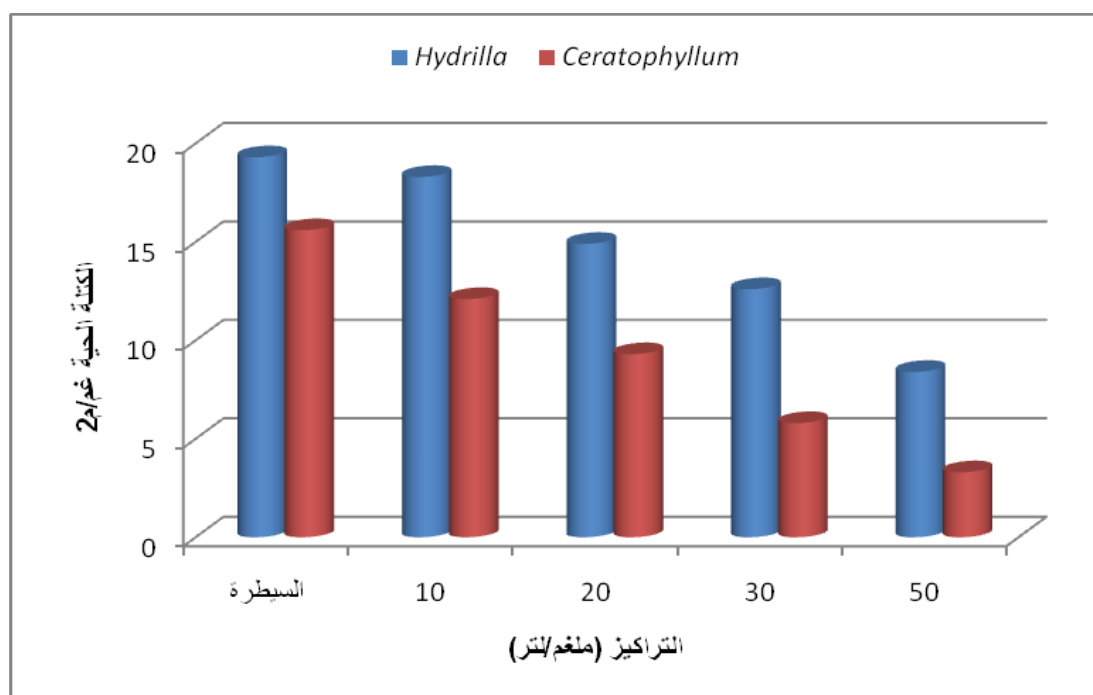


شكل (8): تأثير العناصر المختلفة على النسبة المئوية للبروتين في أنسجة نباتي *C. demersum* و *H. verticillata* عند التركيز 50 ملغم/ لتر في الأسبوع الخامس من التجربة

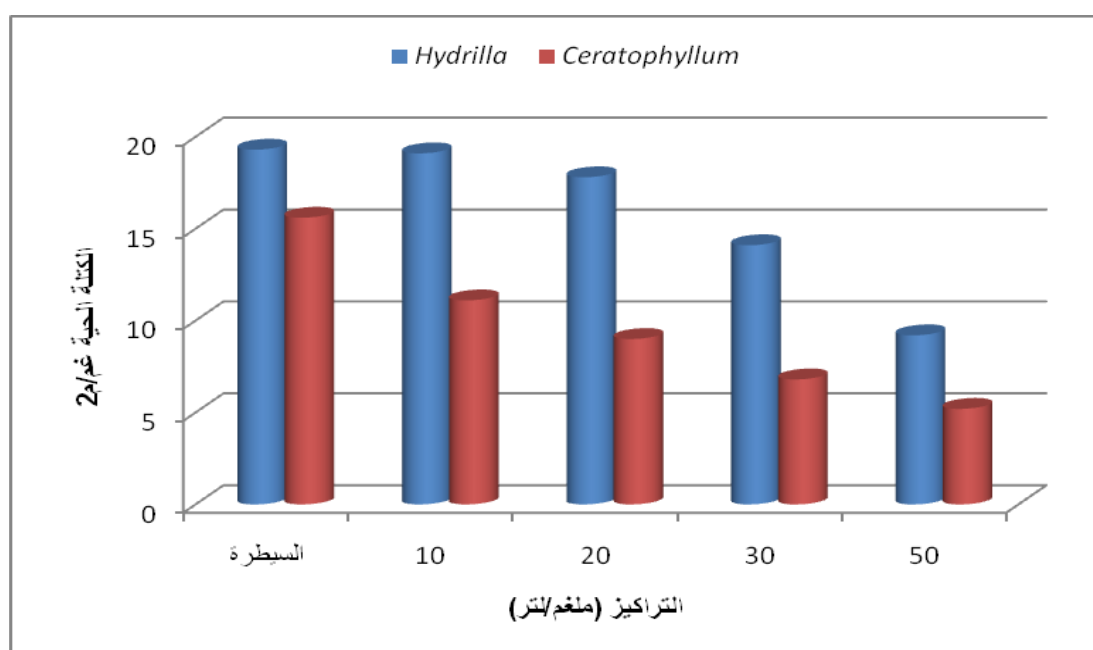
3.4. الكتلة الحية

مدة التجربة خاصة عنصري الكاديوم والكوبلت في التركيزين (30 و 50) ملغم/لتر مقارنة مع تجربة السيطرة.

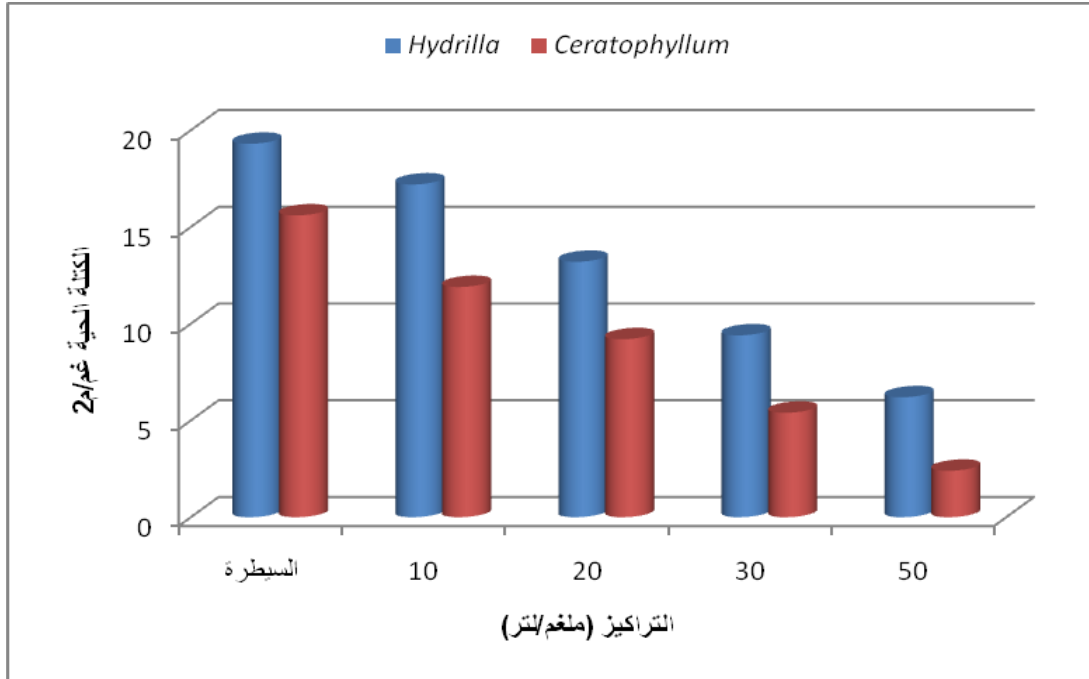
أما الكتلة الحية (الوزن الطري) فقد أظهرت نتائج الدراسة وحسب الأشكال (9 و 10 و 11) ان نبات *H. verticillata* كان اقل تائراً في كتله الحية مقارنة مع نبات *C. demersum* الذي انخفضت كتلته الحية خلال



شكل (9): تأثير التراكيز المختلفة لعنصر الكاديوم على الكتلة الجافة (الوزن الطري) لنباتي *H. verticillata* و *C. demersum* بعد مرور خمسة أسابيع من التجربة



شكل (10): تأثير التراكيز المختلفة لعنصر الحديد على الكتلة الجافة (الوزن الطري) لنباتي *H. verticillata* و *C. demersum* بعد مرور خمسة أسابيع من التجربة.



شكل (11): تأثير التراكيز المختلفة لعنصر الكوبلت على الكتلة الجافة (الوزن الطري) لنبات *H. verticillata* و *C. demersum* بعد مرور خمسة أسابيع من التجربة.

4. المناقشة

مقارنة مع نبات *C. demersum* وقد يعود السبب إلى أن أوراق نبات الهيدريلا تمتاز بمساحة سطحية أوسع من أوراق نبات الشمبلان *C. demersum* فضلاً عن أن نبات الهيدريلا وخلال مدة التجربة كون جذوراً هوائية عديدة وبذلك زادت الكفاءة الامتصاصية للنبات مما زاد كمية التراكم داخل أنسجته. وهذا يتفق مع الكثير من الباحثين منهم Guo-Xin [23] الذي عرض ورقة نبات الهيدريلا إلى تراكيز مختلفة من الزئبق والكاديوم. كما أكد Sulhakar [24] ان تحمل النباتات المائية لتراكيز مختلفة من العناصر الثقيلة واستمرار نموه هو نتيجة لإمكانية توازن في مستوى كل من مضادات الأكسدة الإنزيمية والجزيئية مثل البيروكسيديز والبرولين والفينولات الكلية وغيرها وكذلك إمكانية زيادة إفراز نواتج الايض الخلوي مثل السستين Cysteine والجلوتامين. وعند تعريض النبات إلى تراكيز عالية من الكاديوم يزيد

يعد نبات الهيدريلا *H. verticillata* من النباتات الجديدة التي غزت الأنظمة المائية العراقية وبشكل واسع جداً [22]، وأصبح النبات السائد في الكثير من تلك النظم وذلك لامتلاكه استراتيجيات نمو متخصصة ومتعددة متمثلة بطرائق التكاثر الخضري أو تحمله لظروف بيئية مختلفة فيزيائية أو كيميائية، واهتم الكثير من العلماء بهذا النوع من النباتات لأهميته الكبيرة للبيئة واستخدامه بالاتجاه الصحيح لإصلاح الكثير من النظم البيئية المتدهورة تحت ظروف مسيطر عليها، لذا كان الهدف من هذه الدراسة مقارنة هذا النبات مع نبات *C. demersum* الذي يعد النبات الأكثر انتشاراً ومن النباتات المتوطنة في النظم المائية العراقية، ومعرفة مدى كفاءة أي من النباتين لاستخدامهما في التقانات النباتية والمعالجات البيئية. فوجد أن نبات *H. verticillata* أكثر مراكمة للعناصر الثلاثة المستخدمة في التجربة داخل أنسجته

أما المحتوى البروتيني للنباتات فقد لوحظ في هذه التجربة أيضاً أن نبات *C. demersum* على الرغم من احتوائه على نسب منخفضة من البروتينات كانت هذه النسبة متأثرة بالانخفاض الكبير مع استمرار مدة التعريض حتى الوصول إلى نهاية التجربة ولجميع التراكيز للعناصر المستخدمة في التجربة مقارنة مع نبات الهيدريلا الذي كان يحوي نسباً عالية من مركبات النتروجين في داخل أنسجته والتي تدخل في تكوين أو بناء البروتينات وقد يعود السبب إلى أن نبات الشمبلان قد استهلك تلك النسب القليلة من النتروجين والموجودة في أنسجته في بعض الفعاليات الحيوية أو العمليات الأيضية التي تحدث داخله لمقاومة فعل العناصر الثقيلة وبذلك قلّت نسبتها، أما نبات الهيدريلا كان أقل انخفاضاً لنسبة البروتين فيه وذلك لارتفاع نسبة النتروجين في أنسجته وهذا ما أكدته كل من [28] في تجربة تحرير وإطلاق المغذيات للنباتين وكذلك تتفق مع نتائج [29].

كذلك لوحظ أن الكتلة الحية لنبات الشمبلان كانت أكثر تأثراً بنموها في التراكيز المختلفة للعناصر مقارنة مع نبات الهيدريلا وذلك يعود إلى تدهور نمو النبات بسبب انخفاض نسبة المحتوى البروتيني والكلوروفيل داخل أنسجته مقارنة مع نبات الهيدريلا الذي كان أقل تأثراً لمراكمة العناصر على المحتوى البروتيني وتركيز الكلوروفيل مما انعكس إيجاباً على كتلته الحية خلال مدة التجربة.

النبات انتاج Cysteine الذي يحيط بذرة الكادميوم ويغلفها معدنياً. وأكد الوهبي [1] أن النباتات عند امتصاصها للعناصر الثقيلة تتحفز لتكوين مركبات نباتية تعرف بالمخليات النباتية تحيط بذرات العناصر الملوثة وتحفظ بها داخل الفجوات الموجودة في خلايا الأنسجة النباتية. أظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً عند مستوى احتمالية ($p < 0.05$) كبيراً في كمية الكلوروفيل الكلي في أنسجة النباتات المستخدمة في التجربة والمعرضة للتراكيز المختلفة من عنصر الكادميوم والكلوبت خلال مدة التجربة. وهذا ما أكدته العديد من الدراسات مثل دراسة Slaski [25] حول تأثير الهيدروكربونات النفطية الغازية على محتوى الكلوروفيل في النباتات، وكذلك [26] Marwood أكد انخفاض محتوى الكلوروفيل في الهائمات النباتية بزيادة تركيز الملوثات، وانخفاضه في نباتي *Myriophyllum spicatum* و *Lemna gibba* وقد يعود إلى انه كلما زاد تركيز الكادميوم في أنسجة النباتات قلّ محتواه من الكلوروفيل وذلك لتأثير الكادميوم التثبيطي على عمل الانزيمات المساهمة في عملية تخليق الكلوروفيل، وان زيادة تركيز الكادميوم يؤدي إلى انخفاض كمية الكلوروفيل وذلك لان الكادميوم يتداخل مع مجموعة (-SH) الداخلة في تركيب الانزيمات المساهمة في بناء الكلوروفيل [27].

المصادر

- soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Environmental Science and Bio/Technology*. 3: 71-90.
- [4] Woolhouse, H. W. 1983. Toxicity and tolerance in the responses of plants to metals. In: O. L. Lange, P. S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler (eds.), *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series, Vol 12C, Physiological Plant Ecology III, Responses to The
- [1] الوهبي، محمد بن حمد (2007). ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات. مجلة علوم الحياة السعودية. المجلد 14 (2): 1-28.
- [2] Flathman, P.E. and Lanza, G.R. (1998). Phytoremediation: current views on an emerging green technology. *Journal of Soil Contamination*. 7: 415-432.
- [3] Alkorta, I., Hernandez-Allica, J., Becerril, J.M., Amezaga, I., Albizu, I. and Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of

- [13] Abaychi, J.K. and DouAbul, A.Z. (1985). Trace metals in Shatt Al-Arab River, Iraq. Water Res. 19(4): 457-462.
- [14] Al-Imarah, F.J. ; Ghadban, R.A. and Al-Shaway, S.F. (2000). Levels of trace metals in water from southern part of Iraq. Marina Mesopotamica, 15(12): 365-372.
- [15] حسين، نجاح عبود ؛ المنصوري، فائق يونس والحو، عبد الزهرة عبد الرسول (2001). بعض الصفات الكيميائية لمياه شط العرب. مجلة وادي الرافدين، 16: 311-329.
- [16] محمود، آمال احمد (2008). تراكيز الملوثات في مياه ورواسب ونباتات بعض المسطحات المائية في جنوب العراق. رسالة دكتوراه. علوم الحياة-جامعة البصرة. 244 صفحة.
- [17] APHA: (American Public Health Association) (1995). Standard methods for examination of water and wastewater, Washington, DC 20036, 1193pp.
- [18] عباس، مؤيد فاضل (1987). عناية وخزن الفاكهة والخضر. مطبعة دار الكتب، جامعة البصرة. 440 صفحة.
- [19] Gresser, M.S. and Parson, J.W. (1979). Sulphuric-perchloric determination of nitrogen, phosphorous, potassium calcium and magnesium Anal. Chemi. Acta. 109: 431-436.
- [20] Horwitz, W. (1960). Official methods of analysis of the association agriculture chemist. 9th ed. Washington, D.C., U.S.A. Assoc. of Agric. Chem. 350p.
- [21] الراوي، خاشع محمود وخلف الله، عبد العزيز محمد (1980). تصميم وتحليل التجارب الزراعية، جامعة الموصل. 480 صفحة.
- [22] Alwon, A.R.A. (2006). Past and present status of the aquatic plants of the Marshlands of Iraq. J. Marsh Bull. 1(2): 120-172.
- [23] Guo-Xin, S.H.I. ; Kai-He, D.U. ; Kai-Bin, X.I.E. ; Xiuo-Yu, D. and Guo-Xiang, C. (2005). Ultrastructural study Chemical and Biological Environment. Springer-Verlag, Berlin.
- [5] Zeliha, L. ; Ahmet, A. and Duman, F. (2010). Influence of nutrient addition on growth and accumulation of cadmium and copper in *Lemna gibba*. Chemical Speciation and Bioavailability, Volume 22, Number 3, October 2010 , pp. 157-164(8).
- [6] John, P. ; Ahmad, K.G. ; Sharma, S. (2008). Effect of cadmium and lead on growth, biochemical parameters and uptake in *Lemna polyrrhiza* L. J. Plant Soil Environ. 54(6): 262-270.
- [7] John, R. ; Ahmad, P. ; Gadgil, K. and Sharma, S. (2009). Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. . International Journal of Plant Production 3 (3): 1-11.
- [8] Dhir, B. ; Sharmila, P. and Saradhi, P.P. (2005). Hydrophytes lack potential to exhibit cadmium stress induced enhancement in lipid peroxidation and accumulation of proline. J. Aquatic Toxicology. 66: 141-147.
- [9] Xue, P. ; Guo-xin, L. ; Wen-ju, L. and Chang-zhou, Y. (2010). Copper uptake and translocation in a submerged aquatic plant *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle. J. Permissions and Reprints, 81(9):1098-1103.
- [10] Gupta, M. ; Sarita S. and Prakash, C. (1996). Copper-induced toxicity in aquatic macrophyte, *Hydrilla verticillata*: effect of pH. J. Ecotoxicology. 5(1): 23-33.
- [11] Al-Ganem, W.M. (2010). Water and *Ceratophyllum demersum* analyses in Al-Jubail, East. Saudi Arabia. J. The Arabian Aquaculture Society. 5(1):24-30.
- [12] Mishara, S. ; Sudhakar, S. ; Tripathi, R.D. ; Sanjay, D. and Shukla, M.K. (2008). (*Ceratophyllum demersum* L.) plants under cadmium stress Response of antioxidant enzymes in coontail. J. Environmental Toxicology. 23(3): 294-301.

- hydrocarbons inhibit photosynthesis in natural assemblages of lake Erie phytoplankton exposed to solar radiation, vol. 44. pp: 322-327.
- [28] Keskinan, O.; Goksu, M.Z.L.; Yuceer, A. and Basibuyuk, M. (2007). Comparison of the adsorption capacities of *Myriophyllum spicatum* and *Ceratophyllum demersum* for zinc, copper and lead. Engineering in Life Sciences, 7 (2): 192-196.
- [29] الاسدي، وداد مزيان. (2009). دراسة مظهرية وبيئية للنبات المائي الدخيل *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle في جنوب العراق. اطروحة ماجستير-كلية العلوم-جامعة البصرة. ص159.
- [30] Wang, S. ; Xiangcan, J. ; Haichao, Z. and Fengchang, W. (2008). Phosphate biosorption characteristics of a submerged macrophyte *Hydrilla verticillata* . J. Aquat. Bot. (89(1): 23-26.
- of leaf cells damaged from Hg^{+2} and Cd^{+2} *Hydrilla verticillata*. J. Integrative Plant Biol. (JIPB). [Abstract].
- [24] Sulhakar Srivastava ; Bhainsa, K.C. and D'Souza, S.F. (2010). Investigation of uranium accumulation potential and biochemical responses of an aquatic weed *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle. J. Bioresource Technol 101(8):2573
- [25] الوهبي، محمد بن حمد (2006). المخلبيات النباتية والعناصر الثقيلة. مجلة علوم الحياة السعودية. المجلد 13 (2): 43-53.
- [26] Slaski, J.J. ; Archambault, D.J. and Xiaomei, L. (2002). Physiological tests to measure impacts of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) on common. Soil Sci. plant annual. vol. 33, 3227-3239.
- [27] Marwood, C.A. ; Smith, E.H. ; Solomon, K.R. Charlton, M.N. and Greenberg, B.M. (1999). Intact and photomodified polycyclic aromatic